

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. November 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/094964 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01F 23/296**,  
G01N 9/00, B06B 1/06

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/004183

(22) Internationales Anmeldedatum:  
21. April 2004 (21.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10318705.7 24. April 2003 (24.04.2003) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG [DE/DE];  
Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): LOPATIN, Sergej [RU/DE]; Pestalozzistrasse 51, 79540 Lörrach (DE).  
PFEIFFER, Helmut [DE/DE]; Kichstrasse 26/5, 79585 Steinen (DE).

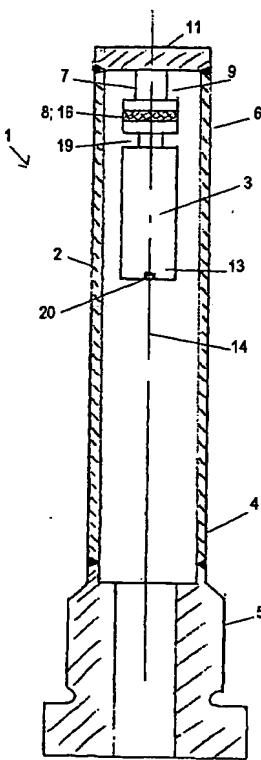
(74) Anwalt: HAHN, Christian; Endress + Hauser (DE) Holding GmbH, PatServe, Colmarer Strassse 6, 79576 Weil am Rhein (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,

*[Fortsetzung auf der nächsten Seite]*

(54) Title: DEVICE FOR DETERMINING AND/OR MONITORING AT LEAST ONE PHYSICAL OR CHEMICAL PROCESS VARIABLE OF A MEDIUM IN A CONTAINER

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG UND/ODER ÜBERWACHUNG MINDESTENS EINER PHYSIKALISCHEN ODER CHEMISCHEN PROZESSGRÖSSE EINES MEDIUMS IN EINEM BEHÄLTER



(57) Abstract: The invention relates to a device for determining and/or monitoring at least one physical or chemical process variable, for example, the level, viscosity or density of a medium in a container, comprising at least one mechanically oscillatory unit (1) and at least one drive/receiving unit (8). The mechanically oscillatory unit consists of a tube (2) and of an inner oscillator (3). The tube (2) is connected via an end (4) oriented away from the process to a fastening unit (5), and the end (6) of the tube (2) oriented toward the process is provided as a free end. The fastening unit is connected directly or, optionally, via another element to the container inside of which the medium is located. The tube (2) surrounds the inner oscillator (3), and the inner oscillator (3) is fastened to an end (7), which is oriented toward the process and which is located at the end (6) of the tube (2) also oriented toward the process. The drive/receiving unit (8) sets the mechanically oscillatory unit (1) in oscillatory motion or it receives the oscillations of the mechanically oscillatory unit (1). The invention provides that the inner oscillator (3) has at least one groove/narrowing (9) that determines at least the oscillation frequency of the mechanically oscillatory unit (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung mindestens einer physikalischen oder chemischen Prozessgröße zum Beispiel Füllstand, Viskosität oder Dichte eines Mediums in einem Behälter mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit (1) und mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit (8). Die mechanisch schwingfähige Einheit besteht aus einer Röhre (2) und einem inneren Schwinger (3). Die Röhre (2) ist mit einem vom Prozess abgewandten Ende (4) mit einer Befestigungseinheit (5) verbunden und das dem Prozess zugewandte Ende (6) der Röhre (2) ist als freies Ende ausgebildet. Die Befestigungseinheit ist direkt oder ggf. über ein weiteres Element mit dem Behälter verbunden, in dem sich das Medium befindet. Die Röhre (2) umgibt den inneren Schwinger (3) und der innere Schwinger (3) ist mit einem dem Prozess zugewandten Ende (7) an dem dem Prozess zugewandten Ende (6) der Röhre (2) befestigt. Die Antriebs/Empfangseinheit (8) regt die mechanisch schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen an, bzw. sie empfängt die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1). Die Erfindung beinhaltet, dass der innere Schwinger (3) mindestens eine Nut/Verjüngung (9) aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) bestimmt.



MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

IAP20 Rec'd PCT/PTO 16 JUN 2006

VORRICHTUNG ZUM BESTIMMEN UND/ODER ÜBERWACHUNG MINDESTENS EINER PHYSIKALISCHEN  
ODER CHEMISCHEN PROZESSGRÖSSE EINES MEDIUMS IN EINEM BEHÄLTER

5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung mindestens einer physikalischen oder chemischen Prozessgröße eines Mediums mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit, die aus einer Röhre und einem inneren Schwinger besteht, wobei die Röhre mit einem vom Prozess abgewandten Ende mit einer 10 Befestigungseinheit verbunden ist, wobei das dem Prozess zugewandte Ende der Röhre als freies Ende ausgebildet ist, wobei die Röhre den inneren Schwinger umgibt, und wobei der innere Schwinger mit einem dem Prozess zugewandten Ende an dem dem Prozess zugewandten Ende der Röhre befestigt ist, und mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit, wobei die 15 Antriebs-/Empfangseinheit die mechanisch schwingfähige Einheit zu Schwingungen anregt, bzw. wobei die Antriebs-/Empfangseinheit die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit empfängt. Bei der Prozessgröße handelt es sich beispielsweise um den Füllstand, um die Viskosität oder um die Dichte eines Mediums. Das Medium kann dabei eine 20 Flüssigkeit oder ein beliebiges sonstiges Schüttgut sein.

Das Patent DE 692 02 354 T2 beschreibt einen Pegelsensor des Vibratortyps. Eine Erfassungsrohreneinheit ist mit einem Ende als festes Ende an einer Befestigungseinheit befestigt und am anderen Ende mit einer Endkappe verschlossen. An dieser Endkappe und in der Röhreneinheit ist ein inneres Vibrationsteil befestigt. Das Vibrationsteil weist eine längliche rechteckige Stabform auf. An einer Seitenfläche dieses Vibrationsteils ist eine vibrierende Einrichtung befestigt. Die Erfassungsrohre, die Endkappe und das innere Vibrationsteil bilden zusammen einen Faltausleger. In der Endkappe ist eine 25 Erfassungseinrichtung angebracht, die Änderungen der Vibration des Faltauslegers erfasst. Für eine möglichst optimale Ausgangsspannung der Erfassungseinheit sollte laut der Patentschrift das Längenverhältnis zwischen 30

der Länge der Röhre und der Länge des Vibrationsteils zwischen 1.6 und 3.0 liegen. Ist die Röhreneinheit über eine Membran an der Befestigungseinheit befestigt, so lässt sich ein Vibrationsknoten des Faltauslegers zu der Befestigungseinheit hin bewegen. Dies ermöglicht es, eine kürzere Länge der Röhreneinheit zu benutzen. Mit einer Membran sollte das Längenverhältnis zwischen der Länge der Röhre und der Länge des Vibrationsteils zwischen 1.0 und 2.5 liegen. Ein Nachteil dieses Faltauslegers ist, dass die Länge des Sensors sehr groß ist. Dies kommt daher, dass die Schwingfrequenz des Faltauslegers durch die Masse und durch die Länge des inneren Vibrationsteils bestimmt wird. Um die Schwingfrequenz zu vermindern, muss das innere Vibrationsteil möglichst lang sein. Eine solche Reduzierung der Schwingfrequenz hat den allgemeinen Vorteil, dass sich damit größere Amplituden erreichen lassen und dass dadurch der Sensor eine höhere Anwendungsbreite besitzt. Gleichzeitig zum langen inneren Vibrationsteil ist in den meisten Fällen eine noch größere Länge der Röhre erforderlich. Dieses Längenverhältnis verhindert, dass Schwingungsenergie vom Faltausleger auf den Behälter übertragen wird. Somit ergibt sich eine große Länge des Sensors. Die Membran an der Befestigungseinheit ist eine Möglichkeit der Verkürzung der Länge. Es ist jedoch aus dem Patent DE 37 40 598 C2 zu entnehmen, dass mechanische Fertigungstoleranzen dazu führen, dass der Schwingungsknoten nicht genau an der Membranbefestigung angreift. Somit kann auch hier Energieverlust auftreten. Weiterhin schränkt eine solche Membran mit der Bedingung, dass sich an der Membranbefestigung Schwingungsknoten befinden, die Wahl der Frequenzen der Schwingungen ein. Ein weiterer Nachteil des Patents DE 692 02 354 T2 ist, dass das innere Vibrationsteil eine spezielle Geometrie erfordert, die mit der Anbringung und Ausgestaltung der vibrierenden Einrichtung zusammenhängt. Weiterhin ist neben der vibrierenden Einrichtung für die Anregung noch eine Erfassungseinrichtung für den Empfang erforderlich.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine physikalische oder chemische Prozessgröße eines Mediums zu bestimmen und/oder zu überwachen mit

einer mechanisch schwingfähigen Einheit und einer Antriebs-/Empfangseinheit, wobei die Messgenauigkeit möglichst groß ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der innere 5 Swinger mindestens eine Nut/Verjüngung aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit bestimmt.

Im Wesentlichen hängt die Schwingfrequenz ab vom Massenträgheitsmoment des inneren Schwingers bezogen auf die Drehachse in der Nut/Verjüngung. 10 Weitere Abhängigkeiten ergeben sich von der Biegesteifigkeit des bezeichneten Abschnitts des inneren Schwingers mit Nut/Verjüngung und von dem Massenträgheitsmoment der Röhre bezogen auf die Drehachse in der Einspannung der Befestigungseinheit. Gering beteiligt an der Schwingfrequenz ist noch die Drehsteifigkeit des Bereichs der 15 Befestigungseinheit, an dem die Röhre befestigt ist. Beispielsweise durch den Durchmesser und/oder die Länge der Nut bzw. der Verjüngung ist die Drehsteifigkeit für den inneren Swinger definiert. Je nach Ausgestaltung ist auch die Masse des inneren Schwingers betroffen. Dies ist ggf. bei der weiteren Ausgestaltung des inneren Schwingers zu beachten. Da die 20 Drehsteifigkeit u.a. die Schwingfrequenz mitbestimmt, kann über die Ausgestaltung und/oder die Position der Nut/Verjüngung die Arbeitsfrequenz passend eingestellt werden. Somit kann über die Dimensionierung und/oder die Position der Nut, bzw. der Verjüngung die Schwingfrequenz reduziert werden, wodurch die Amplitude der Schwingung zunimmt. Für die weitere, 25 feinere Festlegung der Schwingfrequenz bzw. der Amplitude ist auch – wie oben bereits angemerkt – die weitere Ausgestaltung relevant. Bei der Variante der Ausgestaltung als Nut ist der Vorteil, dass der innere Swinger als Dreiteil ausgebildet ist, was kostensparend ist. Die Nut oder Verjüngung ist bevorzugt rotationssymmetrisch ausgeführt, so dass u.a. keine Unwucht auftritt. Weiterhin sollte auch beachtet werden, dass der innere Swinger 30 durch die Nut/Verjüngung immer noch so stabil ist, dass sich durch die Schwingung keine Verformung o.ä. ergeben kann.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass sich die Nut/Verjüngung in Richtung des dem Prozess zugewandten Endes des inneren Schwingers befindet. Die Nut/Verjüngung befindet sich also optimal zwischen dem  
5 Übergang zwischen der Röhre und dem inneren Schwinger. Auf diese Weise ist die träge Masse des inneren Schwingers oberhalb der Nut/Verjüngung am größten. Weiterhin ist dies der Punkt, an dem die Kräfte wirken und wo sich also auch die Drehsteifigkeit auswirkt. Die Positionierung der Nut/Verjüngung hängt jedoch auch von der Position und Ausgestaltung der Antriebs-  
10 /Empfangseinheit ab, so dass die Antriebs-/Empfangseinheit optimal wirken, bzw. optimal empfangen kann bzw. dass möglichst keine destruktiven Kräfte und Momente auf den inneren Schwinger wirken.

Während der Schwingbewegung übertragen die schwingenden Teile (Röhre  
15 und innerer Schwinger) Kräfte und Drehmomente, die von der Befestigungseinheit als Reaktionskräfte und -momente aufgenommen werden. Die Befestigungseinheit oder Basiseinheit ist direkt oder ggf. über ein weiteres Element mit dem Behälter verbunden, in dem sich das Medium befindet. Um die Kopplung zum Behälter und somit den möglichen  
20 Energieverlust zu vermeiden, muss dafür gesorgt werden, dass die mechanisch schwingfähige Einheit im energetischen Gleichgewicht steht. Das bedeutet, dass die Summe der Kräfte und Drehmomente, die während der Schwingbewegung von den Einzelkomponenten erzeugt werden, in der Befestigungseinheit im Wesentlichen Null sind.

25 Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass ein zusätzliches Gewicht in der Befestigungseinheit vorgesehen ist. Mit dieser Ausgestaltung wird die mechanisch schwingfähige Einheit bezüglich einer Übertragung von Schwingungsenergie im Wesentlichen von der Befestigungseinheit entkoppelt.  
30 Weiterhin hat das Gewicht auch den Nutzen, die Einspannung schwingungstechnisch stabiler zu machen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen sehen vor, dass die Röhre und/oder der innere Schwinger einen runden, elliptischen, quadratischen oder polygonalen Querschnitt aufweist. Für die Geometrie gibt es also kaum Vorgaben oder Grenzen. Ein runder Querschnitt der Röhre hat den Vorteil, dass die Gefahr  
5 reduziert wird, dass die mechanisch schwingfähige Einheit durch das Material verbogen werden kann. Damit lässt sich auch ein Einbau an einer beliebigen Stelle im Behälter des Mediums realisieren. Weiterhin ist bei einem runden Querschnitt die Herstellung einfach und preisgünstig.

10 Vorteilhafte Ausgestaltungen sehen vor, dass der innere Schwinger hohl, massiv oder teilweise hohl und teilweise massiv ist. Es sollte gewährleistet sein, dass der innere Schwinger trotz der Nut, bzw. der Verjüngung in diesem Bereich stabil genug ist, d.h. er darf durch die Schwingungen nicht abbrechen. Da für den inneren Schwinger die Masse eine wichtige Rolle spielt, ist es  
15 sinnvoll, ihn als Vollmaterial auszustalten. Bei einer hohlen Röhre würde die Schwingfrequenz erhöht werden. Dadurch ergibt sich natürlich wieder eine Möglichkeit, die Schwingfrequenz einzustellen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass in der Antriebs-  
20 /Empfangseinheit nur eine einzige Piezoeinheit vorgesehen ist, die als Antriebs- und als Empfangseinheit dient. Eine andere Ausgestaltung beinhaltet, dass in der Antriebs-/Empfangseinheit mindestens zwei Piezoeinheiten vorgesehen sind, wobei mindestens eine Piezoeinheit als Antriebseinheit und mindestens eine Piezoeinheit als Empfangseinheit dient,  
25 wobei die Piezoeinheiten an der gleichen Position positioniert sind. Dies ermöglicht, den Einbau der Piezoeinheit und die Konstruktion von Röhre, innerem Schwinger und anderen möglichen Fixierelementen deutlich zu vereinfachen. Dies vereinfacht auch die Verkabelung der Piezoeinheit. Weitere Vorteile bei der Verwendung nur einer Einheit liegen in den  
30 geringeren Herstellungskosten. Ein weiterer Vorteil ist, dass eine vom Schwinger unabhängige Baugruppe hergestellt wird, die vor dem Einbau geprüft und getestet werden kann, was in der Produktion immer erwünscht ist.

Die Piezoeinheiten sind üblicherweise eingespannt. Bei einer solchen Piezoeinheit ist es auch u.a. für die Effektivität bedeutend, dass der innere Schwinger möglichst mit der ganzen Oberfläche der Piezoeinheiten verbunden ist, dass also z.B. die Nut/Verjüngung nicht direkt auf der Piezoeinheit sitzt, die einen deutlich größeren Durchmesser aufweist. Diese und ähnliche Erwägungen für die Ausgestaltung liegen der fachlich qualifizierten Person nahe und hängen stark von der Art und den detaillierten Bedingungen der konkreten Realisierung ab.

10 Eine ganz besonders vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei der Piezoeinheit um ein piezo-elektrisches Element handelt, das aus mindestens zwei Segmenten besteht, die in einander entgegengesetzter Richtung polarisiert sind, wobei die Polarisationsrichtungen parallel zu einer Rotationsachse der mechanisch schwingfähigen Einheit liegen. Wird eine Spannung an die Ober- und Unterseite dieser Piezoeinheit gelegt, so zieht sich das eine Segment zusammen und das andere Segment dehnt sich aus, d.h. das eine Segment hat eine geringere, das andere eine größere Höhe. Diese spezielle Piezoeinheit hat somit den großen Vorteil, dass sich direkte Kippbewegungen, bzw. Drehbewegungen erzeugen, bzw. detektieren lassen.

15 20 Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Antriebs-/Empfangseinheit zwischen dem dem Prozess zugewandten Ende des inneren Schwingers und dem dem Prozess zugewandten Ende der Röhre positioniert ist. Diese Positionierung in Verbindung mit der besonders ausgestalteten Piezoeinheit dient dazu, dass die mechanisch schwingfähige Einheit zu direkten Kippbewegungen, bzw. zu Drehbewegungen angeregt wird, bzw. dass Schwingungen, die aus solchen Bewegungen bestehen, empfangen werden. Weitere Vorteile sind, dass es sich um einfach und leicht zu montierende Einzelteile handelt, dass eine direkte und starre Kopplung mit dem Schwinger erzeugt wird, und dass axiale Bewegungen, z.B. Störungen, aufgrund der verschiedenen

25 30 Polarisationsrichtungen der Piezoeinheit nicht empfangen werden. Weiterhin

handelt es sich um eine preisgünstige Lösung, da weniger Einzelteile benötigt werden.

Eine Ausgestaltung sieht vor, dass der inneren Schwinger mindestens eine zweite Nut/Verjüngung aufweist. Damit verbunden ist eine Ausgestaltung, die beinhaltet, dass die Antriebs-/Empfangseinheit zwischen der ersten Nut/Verjüngung und der zweiten Nut/Verjüngung positioniert ist. Die erste Nut/Verjüngung befindet sich dabei sehr nah an der Endkappe, also am Ende des dem Prozess zugewandten Endes des inneren Schwingers und auch der Röhre. Die Antriebs-/Empfangseinheit befindet sich auch möglichst nah an diesem Ende, bzw. nah an der Fixierung des inneren Schwingers, so dass eine optimale Ausnutzung der Schwingungsenergie erfolgen kann. Um die direkten Kippbewegungen zu erhalten, ist dafür auch die Piezoeinheit mit den entgegengerichteten Polarisationen sehr effektiv. Dieser Aufbau erhöht die Messempfindlichkeit des Sensors.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.  
Es zeigt:

Fig. 1: einen Querschnitt durch eine Realisierung der Vorrichtung;

Fig. 2: eine schematische Verdeutlichung der Schwingungen und der auftretenden Kräfte; und

Fig. 3: einen Querschnitt durch eine weitere Realisierung der Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine Realisierung der Vorrichtung. Die mechanisch schwingfähige Einheit 1 besteht aus einer Röhre 2 und einem inneren Schwinger 3. Die Röhre 2 verfügt über zwei Enden. Das eine ist dem Prozess zugewandt 6, das andere ist vom Prozess abgewandt 4. Mit dem vom Prozess abgewandten Ende 4 ist die Röhre 2 an einer Befestigungseinheit 5

befestigt. In dem hier gezeigten Fall ist das vom Prozess abgewandte Ende 4 in einem Einschraubstück 10 befestigt. Bei dem Einschraubstück 10 kann es sich auch um eine Membran in der Befestigungseinheit 5 handeln. Die Ausgestaltung der Membran 10 bestimmt dabei u.a. auch die

5 Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1. Eine Membran liegt dann vor, wenn der Durchmesser einer Befestigungsscheibe sehr viel größer ist als deren Dicke. Oder für eine Ringmembran sollte die Differenz des Außendurchmessers und Innendurchmessers sehr viel größer sein als die Dicke der Membran. Die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen

10 Einheit 1 vermindert sich mit abnehmender Membrandicke. Gleichzeitig nimmt jedoch auch die Amplitude der Schwingung der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 ab. Weiterhin ist in dieser Ausführung auch ein zusätzliches Gewicht 12 in der Befestigungseinheit 5 vorgesehen, das zum einen die Befestigungseinheit 5 stabiler macht und zum anderen zur Entkopplung der

15 schwingfähigen Einheit 1 von der Befestigungseinheit 5 beiträgt. An dem dem Prozess zugewandten Ende 6 der Röhre 2 ist eine Endkappe 11 befestigt. In der Endkappe 11 ist eine Bohrung 17 vorgesehen, in die das Fixierelement 18 des dem Prozess zugewandten Endes 7 des inneren Schwingers 3 zur Verbindung des inneren Schwingers 3 mit der Röhre 2 eingearbeitet wird. Eine solche Schraubverbindung 17, 18 ermöglicht es z.B., den inneren Swinger 3 auch bei einer sehr langen Röhre 2 am dem Prozess zugewandten Ende 6 der Röhre 2 leicht und umstandsreduziert zu fixieren. Eine längere Röhre 2 könnte z.B. für spezielle Medien erforderlich sein oder für spezielle Behälter. Zum Verschrauben ist es auch sinnvoll, das vom Prozess abgewandte Ende 13 des inneren Schwingers 3 mit einem Schlitz zu versehen, so dass z.B. das Einschrauben mittels eines Schraubendrehers möglich ist (siehe dazu auch Fig. 3). Die Antriebs-/Empfangseinheit 8, die die mechanisch schwingfähige Einheit 1 zu Schwingungen anregt, bzw. die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 empfängt, ist in dem Ausführungsbeispiel zwischen dem inneren Swinger 3 und der Endkappe 11 an der Röhre 2 fixiert.

20 Aufgrund der Fixierung des inneren Schwingers 3 über das Fixierelement 18 ist die Antriebs-/Empfangseinheit 8 in diesem Fall als Ring ausgebildet. Bei

25

30

der Antriebs-/Empfangseinheit 8 handelt es sich bevorzugt um mindestens eine Piezoeinheit 16. Sind für Antrieb und Empfang unterschiedliche Piezoeinheiten 16 vorgesehen, so befindet sich auch diese Mehrzahl an Piezoeinheiten 16 an der gleichen Position, z.B. innerhalb eines Stapels. Eine piezoelektrische Einheit mit zwei einander entgegengesetzten Polarisationen kann an dieser Position direkte Kippschwingungen erzeugen. Beim inneren Schwinger 3 handelt es sich im dargestellten Fall um einen soliden Rundstab. Weitere Formen sind jedoch auch möglich. Der Schwinger 3 weist in Richtung des dem Prozess zugewandten Endes 7 eine Nut 9 auf. Eine Verjüngung wäre als Realisierung ebenfalls möglich. Die Nut/Verjüngung 9 ist hier als rotationssymmetrisch vorgesehen. Andere Ausgestaltungen liegen der fachlich qualifizierten Person nahe. Besonders der Durchmesser und die Länge dieser Nut 9 bestimmen die Drehsteifigkeit  $C_i$  des Abschnitts des inneren Schwingers 3 in diesem Nut-Bereich. Über diese Drehsteifigkeit  $C_i$  und das Massenträgheitsmoment  $\theta_i$  des inneren Schwingers 3 ist wiederum die Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3 bestimmt. Somit hat die Dimensionierung der Nut 9 direkte Auswirkungen auf die Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3. Die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 entspricht der Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3 im gekoppelten Zustand mit der Röhre 2. Zusätzlich wird diese Schwingfrequenz beeinflusst durch das Massenträgheitsmoment der Röhre 2 und deren Biegesteifigkeit. Dies allerdings nur gering, solange die Resonanzfrequenz der Röhre 2 sehr viel kleiner ist als die Resonanzfrequenz des inneren Schwingers 3. Somit ist es möglich, über die Nut 9 und/oder deren Position die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 zu beeinflussen.

Die Grundidee der Erfindung besteht also darin, dass die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 durch die Nut/Verjüngung 9 einstellbar ist. Eine kleinere Schwingfrequenz führt bei gleicher Anregungsenergie zu einer höheren Amplitude. Diese Nut/Verjüngung ermöglicht somit, dass der innere Schwinger 3 kürzer ausgeführt werden

kann. Relevante Größen bzgl. der Nut/Verjüngung 9 sind dabei deren Ausgestaltung (Durchmesser, Länge) und deren Position am inneren Schwinger 3.

5 In Fig. 2 sind die wirkenden und auftretenden Kräfte und Momente der Fig. 1 detailliert dargestellt. Hierbei ist auch zu sehen, dass die Röhre 2 und der innere Schwinger 3 einander entgegengesetzt schwingen. Während der Schwingbewegung übertragen die schwingenden Teile 2, 3 Kräfte  $F_i$ ,  $F_a$  und Drehmomente  $M_i$  und  $M_a$ , die von der Befestigungseinheit 5 als  
10 Reaktionskräfte  $F_r$  bzw. -momente  $M_r$  aufgenommen werden. Um eine Kopplung zum Behälter und somit Energieverlust bzw. eine Störung durch Schwingungen des Behälters zu vermeiden, muss dafür gesorgt werden, dass die mechanisch schwingfähige Einheit 1 im energetischen Gleichgewicht steht. Das bedeutet, dass die Summe der Kräfte und Drehmomente, die  
15 während der Schwingbewegung erzeugt werden, in der Befestigungseinheit 5 Null sein müssen. Die Forderungen sind, dass die an den Schwerpunkten des inneren Schwingers 3  $S_i$  und der Röhre 2  $S_a$  wirkenden Kräfte  $F_i$  und  $F_a$  gleich groß sind:  $F_i = F_a$ . Ebenfalls müssen die Drehmomente des inneren Schwingers  $M_i$  und der Röhre  $M_a$  gleich sein:  $M_i = M_a$ . Sind diese beiden  
20 Bedingungen nahezu erfüllt, werden nur zu vernachlässigende Kräfte  $F_r$  oder Momente  $M_r$  auf die Befestigungseinheit 5 übertragen und es kommt zu keinem nennenswerten Energieverlust der mechanisch schwingfähigen Einheit 1.

25 In Fig. 3 ist eine Ausgestaltung dargestellt, in der der innere Schwinger 3 zwei Verjüngungen 9 und 19 aufweist. Die Antriebs-/Empfangseinheit 8, bzw. in diesem Falle die Piezoeinheit 16 mit den beiden Segmenten, deren Polarisation einander entgegengesetzt ist, befindet sich zwischen den beiden Verjüngungen 9 und 19. Durch die Ausgestaltung der Piezoeinheit 16 führt  
30 eine an die Piezoeinheit 16 angelegte Spannung dazu, dass sich das eine Segment der Piezoeinheit 16 zusammenzieht und dass sich das andere Segment ausdehnt. Somit wird direkt eine Kippbewegung erzeugt, über die

sich die Schwingungen ergeben. Die Befestigungseinheit 5 ist hier solider als in Fig. 1 ausgeführt, bzw. das zusätzliche Gewicht 12 ist hier Teil der Befestigungseinheit 5. In dieser Abbildung ist auch die Einkerbung 20 im inneren Schwinger 3 zu sehen, über die der innere Schwinger 3 z.B. mit einem Schraubendreher in die Endkappe 11 der Röhre 2 eingeschraubt werden kann. Dies ist auch ein Beispiel für die sehr einfach zu montierende und somit auch kostengünstige Ausgestaltung der mechanisch schwingfähigen Einheit 1.

**Bezugszeichenliste**

- 1 Mechanisch schwingfähige Einheit
- 2 Röhre
- 5 3 Innerer Schwinger
- 4 Vom Prozess abgewandtes Ende der Röhre
- 5 Befestigungseinheit
- 6 Dem Prozess zugewandtes Ende der Röhre
- 7 Dem Prozess zugewandtes Ende des inneren Schwingers
- 10 8 Antriebs-/Empfangseinheit
- 9 Nut/Verjüngung
- 10 Einschraubstück
- 11 Endkappe
- 12 Zusätzliches Gewicht
- 15 13 Vom Prozess abgewandtes Ende des inneren Schwingers
- 14 Rotationsachse
  
- 16 Piezoeinheit
- 17 Bohrung
- 20 18 Fixiereinheit
- 19 Zweite Nut/Verjüngung
- 20 Einkerbung

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung mindestens einer physikalischen oder chemischen Prozessgröße eines Mediums  
5 mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit (1), die aus einer Röhre (2) und einem inneren Schwinger (3) besteht, wobei die Röhre (2) mit einem vom Prozess abgewandten Ende (4) mit einer Befestigungseinheit (5) verbunden ist, wobei das dem Prozess zugewandte Ende (6) der Röhre (2) als freies Ende  
10 ausgebildet ist, wobei die Röhre (2) den inneren Schwinger (3) umgibt, und wobei der innere Schwinger (3) mit einem dem Prozess zugewandten Ende (7) an dem dem Prozess zugewandten Ende (6) der Röhre (2) befestigt ist, und  
15 mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit (8), wobei die Antriebs-/Empfangseinheit (8) die mechanisch schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen anregt, bzw. wobei die Antriebs-/Empfangseinheit (8) die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) empfängt,  
20 **dadurch gekennzeichnet,** dass der innere Schwinger (3) mindestens eine Nut/Verjüngung (9) aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) bestimmt.
- 25 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass sich die Nut/Verjüngung (9) in Richtung des dem Prozess zugewandten Endes (7) des inneren Schwingers (3) befindet.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass ein zusätzliches Gewicht (12) in der Befestigungseinheit (5) vorgesehen ist.

5        4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Röhre (2) und/oder der innere Schwinger (3) einen runden, elliptischen, quadratischen oder polygonalen Querschnitt aufweist.

10      5. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der innere Schwinger (3) hohl, massiv oder teilweise hohl und teilweise massiv ist.

15      6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass in der Antriebs-/Empfangseinheit (8) nur eine einzige Piezoeinheit (16) vorgesehen ist, die als Antriebs- und als Empfangseinheit dient.

20      7. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass in der Antriebs-/Empfangseinheit (8) mindestens zwei Piezoeinheiten (16) vorgesehen sind, wobei mindestens eine Piezoeinheit (16) als Antriebseinheit und mindestens eine Piezoeinheit (16) als Empfangseinheit

25      dient, wobei die Piezoeinheiten (16) an der gleichen Position positioniert sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass es sich bei der Piezoeinheit (16) um ein piezo-elektrisches Element handelt, das aus mindestens zwei Segmenten besteht, die in einander entgegengesetzter Richtung polarisiert sind, wobei die Polarisationsrichtungen

parallel zu einer Rotationsachse (14) der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) liegen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 6, 7 oder 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Antriebs-/Empfangseinheit (8) zwischen dem dem Prozess zugewandten Ende (7) des inneren Schwingers (3) und dem dem Prozess zugewandten Ende (6) der Röhre (2) positioniert ist.

10 10. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 6, 7 oder 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

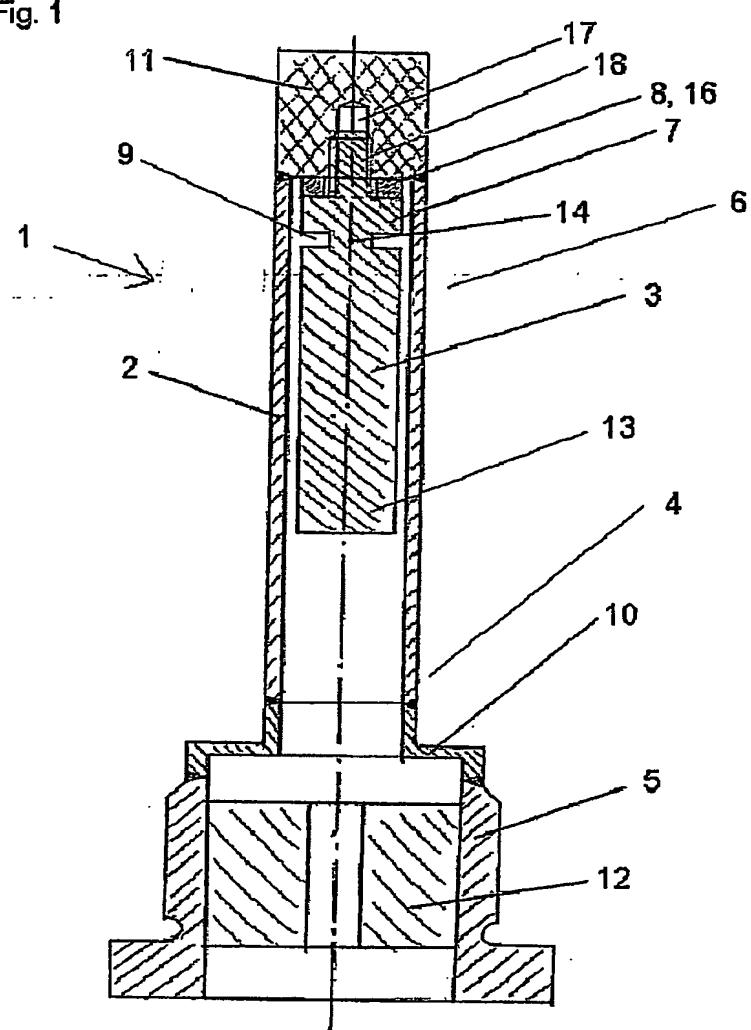
dass der inneren Swinger (3) mindestens eine zweite Nut/Verjüngung (19) aufweist.

15 11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Antriebs-/Empfangseinheit (8) zwischen der ersten Nut/Verjüngung (9) und der zweiten Nut/Verjüngung (19) positioniert ist.

Fig. 1



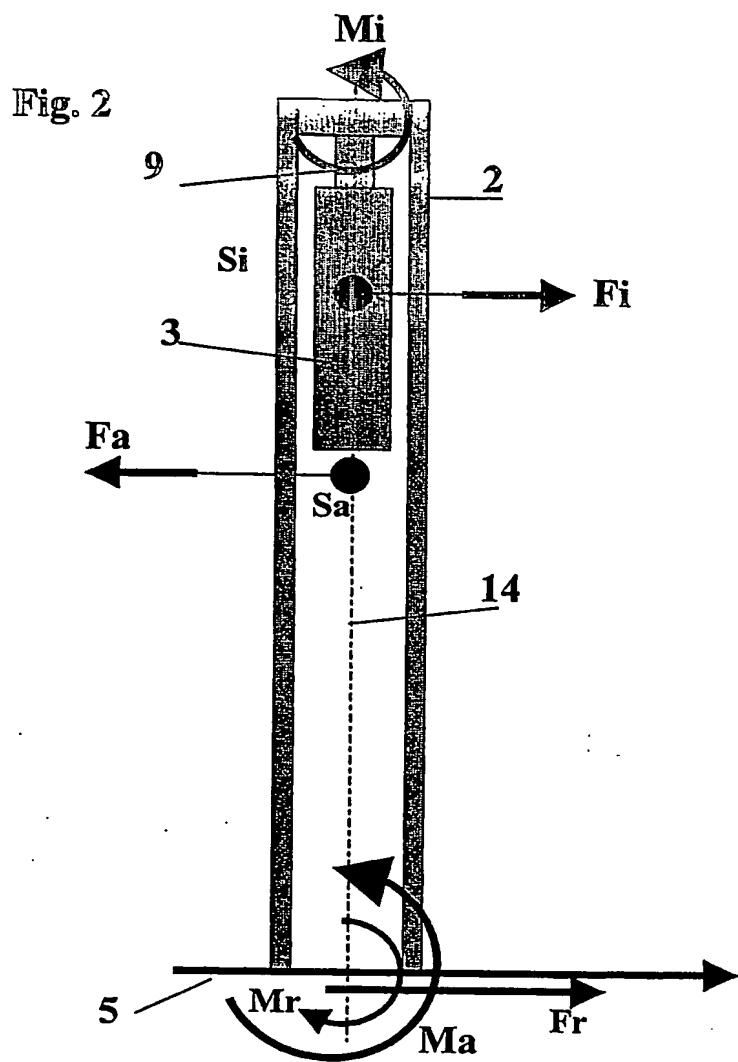
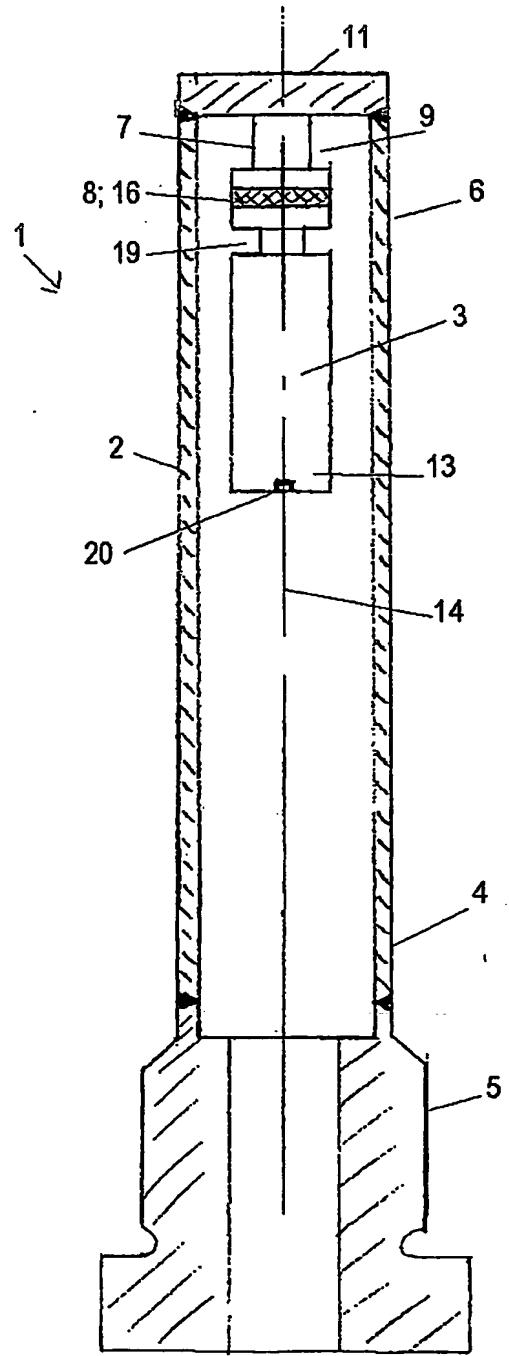


Fig. 3



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/004183

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 G01F23/296 G01N9/00 B06B1/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 G01F G01N B06B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 499 265 A (NOHKEN INC) 19 August 1992 (1992-08-19) column 4, line 46 -column 10, line 4; examples 1-9	1-6,9-11
Y		8
X	DE 39 12 038 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 18 October 1990 (1990-10-18) column 5, line 66 -column 6, line 21 column 9, line 59 -column 10, line 40 figure 8	1,2,4,5, 7
Y	EP 0 875 739 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 4 November 1998 (1998-11-04) abstract; figures 1-3	8
A	DE 37 34 077 A (NOHKEN INC) 20 April 1989 (1989-04-20) column 2, line 57-63	3
	-/-	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2004

Date of mailing of the international search report

30/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roetsch, P

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

PCT/EP2004/004183

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	DE 102 60 088 A (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 5 August 2004 (2004-08-05) abstract; figures 2-3,54-6,11	6-8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/EP2004/004183

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0499265	A	19-08-1992	JP	3008991 B2 JP 4259823 A CA 2060908 A1 DE 69202354 D1 DE 69202354 T2 EP 0499265 A2 FI 920606 A KR 9615076 B1 US 5247832 A	14-02-2000 16-09-1992 15-08-1992 14-06-1995 14-09-1995 19-08-1992 15-08-1992 24-10-1996 28-09-1993
DE 3912038	A	18-10-1990	DE	3912038 A1	18-10-1990
EP 0875739	A	04-11-1998	EP	0875739 A1	04-11-1998
			CA	2234786 A1	30-10-1998
			JP	2880502 B2	12-04-1999
			JP	10339656 A	22-12-1998
			US	5969621 A	19-10-1999
DE 3734077	A	20-04-1989	US	4740726 A	26-04-1988
			DE	3734077 A1	20-04-1989
			GB	2210689 A ,B	14-06-1989
DE 10260088	A	05-08-2004	DE	10260088 A1	05-08-2004
			WO	2004057283 A1	08-07-2004

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/004183

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 GO1F23/296 GO1N9/00 B06B1/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 IPK 7 GO1F GO1N B06B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 499 265 A (NOHKEN INC) 19. August 1992 (1992-08-19)	1-6, 9-11
Y	Spalte 4, Zeile 46 -Spalte 10, Zeile 4; Beispiele 1-9 ---	8
X	DE 39 12 038 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 18. Oktober 1990 (1990-10-18) Spalte 5, Zeile 66 -Spalte 6, Zeile 21 Spalte 9, Zeile 59 -Spalte 10, Zeile 40 Abbildung 8 ---	1,2,4,5, 7
Y	EP 0 875 739 A (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 4. November 1998 (1998-11-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 ---	8
A	DE 37 34 077 A (NOHKEN INC) 20. April 1989 (1989-04-20) Spalte 2, Zeile 57-63 ---	3
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die gelegentlich ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
16. August 2004	30/08/2004
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Roetsch, P

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

PCT/EP2004/004183

**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,A	DE 102 60 088 A (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG) 5. August 2004 (2004-08-05) Zusammenfassung; Abbildungen 2-3, 54-6, 11 -----	6-8

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP2004/004183

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0499265	A	19-08-1992	JP	3008991 B2		14-02-2000
			JP	4259823 A		16-09-1992
			CA	2060908 A1		15-08-1992
			DE	69202354 D1		14-06-1995
			DE	69202354 T2		14-09-1995
			EP	0499265 A2		19-08-1992
			FI	920606 A		15-08-1992
			KR	9615076 B1		24-10-1996
			US	5247832 A		28-09-1993
DE 3912038	A	18-10-1990	DE	3912038 A1		18-10-1990
EP 0875739	A	04-11-1998	EP	0875739 A1		04-11-1998
			CA	2234786 A1		30-10-1998
			JP	2880502 B2		12-04-1999
			JP	10339656 A		22-12-1998
			US	5969621 A		19-10-1999
DE 3734077	A	20-04-1989	US	4740726 A		26-04-1988
			DE	3734077 A1		20-04-1989
			GB	2210689 A ,B		14-06-1989
DE 10260088	A	05-08-2004	DE	10260088 A1		05-08-2004
			WO	2004057283 A1		08-07-2004